

NASKAH PUBLIKASI

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH METODE PENGELASAN
(SMAW, GTAW, GMAW) DENGAN BAHAN *MILD STEEL*
DENGAN TEBAL 1,5 MM TERHADAP FENOMENA *SPRING BACK***



Naskah Publikasi Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat
Untuk Memenuhi Syarat Kelulusan Strata Satu
Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

SHODIQ NUGROHO
NIM : D200 10 0002

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
NOVEMBER 2015**

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI

Naskah publikasi berjudul "**ANALISA PENGARUH METODE PENGELASAN (SMAW, GTAW, GMAW) DENGAN BAHAN MILD STEEL DENGAN TEBAL 1,5 MM TERHADAP FENOMENA *SPRING BACK***", telah disetujui Pembimbing dan disahkan ketua jurusan teknik mesin dan Ujian Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Shodiq Nugroho**

NIM : **D200 10 0002**

Disetujui pada :

Hari : Senin

Tanggal : 19-12-2015

Pembimbing Utama



Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

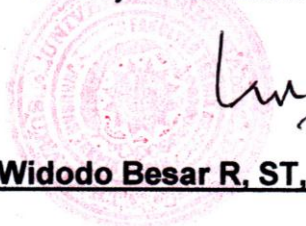
Pembimbing Pendamping



Ir. Pramuko I. P, MT

Mengetahui

Ketua jurusan teknik mesin



Tri Widodo Besar R, ST, M.Sc, Ph.D

ANALISA PENGARUH METODE PENGELASAN (SMAW, SPOT WELDING, GMAW) DENGAN BAHAN MILD STEEL DENGAN TEBAL 1,5 MM TERHADAP FENOMENA SPRING BACK

Shodiq Nugroho

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : shodiqnugrogo91@gmail.com

ABSTRAKSI

Dalam pengelasan terdapat beberapa metode diantaranya SMAW, GTAW, dan GMAW oleh karena itu tujuan dalam penelitian ini untuk meneliti tentang pengaruh metode pengelasan las SMAW, las GTAW, las GMAW, terhadap fenomena spring back Dengan menggunakan pengujian U bending.

Metode penelitian ini tahap awal pembuatan sambungan las dengan standar AWS. selanjutnya pengujian tarik menggunakan standar ASTM E-8. Pengujian spring back menggunakan tool die seet, sedangkan untuk mengetahui besar spring backnya menggunakan kertas mili meter blok dengan cara sebagai mal.

Dari hasil pengujian didapat nilai-nilai perbedaan dari setiap proses pengelasan untuk nilai kekuatan tarik spesimen, nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu pada proses pengelasan GMAW sebesar $1533,333 \text{ N/mm}^2$, dengan besar spring back sisi kiri terbesar -2 mm, sisi kanan -2 mm, sedangkan untuk pengelasan GTAW sebesar $1433,333 \text{ N/mm}^2$, dengan besar spring back sisi kiri terbesar -0,8 mm, sisi kanan -1 mm, pengelasan SMAW sebesar $1457,894 \text{ N/mm}^2$, dengan besar spring back sisi kiri terbesar -1 mm, sisi kanan -1 mm.

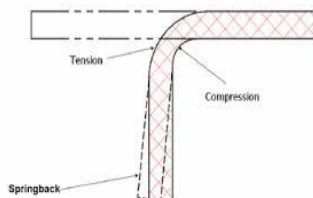
Kata kunci : Pengelasan SMAW, GTAW, GMAW, U Bending, Spring Back.

PENDAHULUAN

Waktu ini teknik pengelasan telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena konstruksi bangunan dan mesin yang dibuat dengan mempergunakan teknik pengelasan ini menjadi lebih ringn dan proses pembuatanya juga lebih sederhana. Perusahaan manufakturing otomotif secara global menggunakan proses penyambungan metalurgi atau pengelasan.

Proses pengelasan terdapat berbagai permasalahan yang terjadi diantaranya diantaranya deformasi, perubahan struktur mikro pada area *HAZ*, pada Penelitian ini akan membahas tentang pengaruh metode pengelasan las *SMAW*, las *GTAW*, las *GMAW*, terhadap fenomena *spring back*.

pengujian U bending, benda kerja akan mengalami fenomena *spring back*. Yang dimaksud fenomena *spring back* merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan plat yang mengalami proses pembentukan. Besarnya gaya balik ini di tentukan oleh gaya modulus elastisitas bahan. Dalam proses pembungkakan ini harus diperhatikan gaya balik atau *spring back*. Biasanya akibat *spring back* terjadi penyimpangan sudut pembungkakan yang dibentuk.



Gambar 1. penyimpangan sudut akibat gaya *spring back*

Spring back sederhana dapat diperhatikan pada saat proses pembungkakan apabila diinginkan pembungkakan bending dengan sudut 90° ($<90^\circ$). Sehingga pada saat dilepas sepatu pembungkakan akan menghasilkan sudut pembungkakan sama dengan 90° . Besarnya perubahan dimensi pada hasil pembentukan setelah tekanan pembentukan ditiadakan merupakan sifat bahan logam yang memiliki elastisitas tersendiri.

Perubahan ini terjadi akibat dari perubahan regangan yang dihasilkan oleh pemilhan elastis. Jika beban dihilangkan, regangan total akan berkurang disebabkan oleh terjadinya pemulihan elastis. Pemulihan elastik berarti pula balikan pegas, akan semakin besar jika tegangan luluh semakin tinggi, atau modulus elastik semakin rendah dan regangan plastisnya semakin besar.

Spring back dipengaruhi oleh:

- Plat logam yang lebih keras mempunyai derajat *spring back* yang lebih besar, karena titik elastic lebih tinggi sehingga elastic bend lebih lebar.
- Bila sudut bending lebih besar, plastic zone membesar dan *spring back* menjadi kecil untuk setiap derajat bending tetapi, total *spring back* menjadi lebih besar.
- Plat logam yang lebih tebal mempunyai derajat *spring back* yang lebih kecil, karena terjadi lebih banyak plastis deformation, dengan syarat die radius tetap.

BATASAN MASALAH

Agar tidak mengalami perluasan pembahasan, diberikan batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

- Jenis plat yang di pakai Mild Steel dengan ketebalan 1,5 mm.
- Proses *SMAW* kawat las yang digunakan E7016 berdiameter 2,6

mm, arus yang digunakan antara 60-150 Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung flux.

3. Proses *GMAW* kawat las yang digunakan ER70S-6 berdiameter 0,8 mm, arus yang digunakan antara 60-150 Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung gas CO₂ kecepatan gas 10 L/Min.
4. Proses *GTAW* kawat las yang digunakan ER70S-6 berdiameter 1,6 mm, arus yang digunakan antara 60-150 Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung gas CO₂ kecepatan gas 10 L/Min.
5. Posisi pengelasan *SMAW*, *GMAW* dan *GTAW* dilakukan secara datar 1G (*Down hand*).
6. Menghitung kekuatan hasil pengelasan dengan pengujian merusak (*destructive test*) yaitu uji tarik.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan nilai kekuatan tarik spesimen pada setiap proses pengelasan.
2. Mengetahui besarnya jarak dan sudut *spring back* pada benda uji.
3. Mengetahui pengaruh metode pengelasan terhadap fenomena *spring back*.

TINJAUAN PUSTAKA

Anggono dkk (2014) melakukan penelitian tentang fenomena *spring back*. Analisis *software eksplisit* dinamis. digunakan untuk menguji U-lentur lembaran logam. Dengan memberikan parameter yang optimal, menghasilkan hasil yang baik bila dibandingkan dengan hasil eksperimen. Oleh karena itu, perangkat lunak dapat dianggap sebagai alat yang cocok untuk prediksi *spring back* dalam

proses logam. Pemeriksaan lebih lanjut dari perangkat lunak untuk simulasi model 3D dan disesuaikan dengan kemajuan las.

Sushanta dkk (2007) melakukan penelitian tentang Karakterisasi sifat tarik pengelasan baja dan sifat mampu bentuk dalam peregangan. Pembentukan struktur las telah diamati pada sampel baja dengan las laser. Kekerasan di wilayah las adalah dua kali lipat dari material. Tes tarik longitudinal pada spesimen (dengan perbedaan karakteristik ketebalan dan permukaan) menunjukkan kekuatan hasil yang lebih tinggi dan kekuatan tarik utama namun presentasi elongasi rendah bila dibandingkan dengan logam induk. Dalam tes tarik melintang, ditemukan bahwa terjadi fraktur di material tipis bebas dari cacat tapi tidak di las.

Membatasi ketinggian dengan las beda ketebalan jauh lebih rendah dibandingkan dengan lembaran tebal tapi sedikit lebih tinggi dari lembaran tipis. Dalam jenis pengelasan, fraktur terjadi pada sisi yang dilapisi karena gesekan yang lebih tinggi, tetapi jauh dari garis las. Dalam semua kasus, prediksi simulasi *FEM* dari batas-tinggi kubah cocok dengan nilai-nilai eksperimental. Simulasi diprediksi membatasi ketinggian kubah untuk lembaran dilapisi sedangkan sebaliknya telah diamati dalam percobaan. Hal ini bisa disebabkan menurunkan gesekan, tetapi pengaruh fase pada sifat mampu bentuk tidak tergabung dalam simulasi. Lokasi fraktur dan distribusi regangan juga telah diprediksi secara akurat dalam simulasi.

Z kampus dkk (2003) melakukan penelitian tentang Perbandingan antara las laser dan las *MIG* pada material yang terbuat dari lembaran logam tebal menunjukkan bahwa pengelasan laser

memiliki kekurangan tertentu: misalnya, tepi yang akan dilas harus di ukur untuk mencapai akurasi yang diperlukan. Juga, struktur perubahan yang akan dilas begitu banyak karena masukan energi terkonsentrasi dan di perlukan pemanasan awal

Analisis model *FEM* dan hasil eksperimen kami menunjukkan bahwa selama deep drawing dari celah yang terbuat dari dua lembaran logam tebal dengan membentuk sifat yang berbeda. yang sulit menembus ke ke arah akhir deep drawing. Oleh karena itu cup berakhir dengan tinggi tepi yang dengan tepi cacat. penentuan kurva plastisitas dari sambungan las adalah tidak mungkin, karena saat ini tidak ada metode yang tersedia untuk memperoleh data eksperimen yang diperlukan. Karena input Data adalah insufisiensi akurat, analisis *FEM* dengan cara yang dijelaskan tidak dapat memprediksi batas sifat mampu bentuk. Ketidak tepatan ini juga berkontribusi sedikit ke cangkir bentuknya tidak beraturan, tetapi memiliki hampir tidak ada pengaruh pada kemampuan untuk memprediksi pembentukan berlaku di modeling.

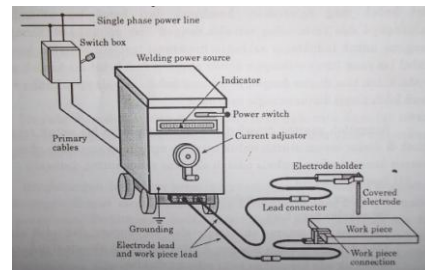
Analisis model *FEM* dari deep drawing tanpa blank holder disesuaikan dengan bagian luar lebih tebal menunjukkan bahwa fraktur cup selalu terjadi pada transisi antara cangkir bawah dan dinding dalamnya. Hasil yang diperoleh untuk pengurangan maksimum gambar rasio max karena penebalan cocok harapan kita.

Alat untuk *deep drawing* disesuaikan tanpa *blank holder* identik dengan alat gambar standar. pemanasan cangkir hanya sebagian yang berhasil. Terbaik kondisi untuk perlakuan panas perlu dicari

LANDASAN TEORI

Las *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dimana sebuah elektroda berpelapis digunakan. Elektroda berpelapis terdiri dari logam inti dan fluks pelapis. Busur terbentuk antara elektroda dan benda kerja. Busur melelehkan elektroda dan benda kerja. Gas pelindung dari hasil pembakaran akan melindungi logam las dari kontaminasi oksigen dan nitrogen yang berada di udara bebas. Lelehan dari lapisan elektroda juga akan melindungi logam las dari kontaminasi.

Las *SMAW* digunakan dalam berbagai macam fabrikasi pengelasan karena kesederhanaan dan pengaplikasian untuk berbagai posisi pengelasan. *SMAW* digunakan secara luas dalam pengelasan baja, paduan nikel, paduan tembaga, dan jenis logam lainnya.



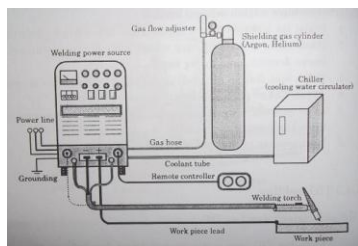
Gambar 2. Mesin Las *SMAW*. teknologi pengelasan:2011

Gambar 2.1 mengilustrasikan pengaturan dari alat *SMAW*. Peralatan *SMAW* terdiri dari catu daya pengelasan, pemegang elektroda, kabel ke benda kerja dan elektroda. Karakteristik dari catu daya las adalah dapat berupa jenis dopping atau jenis arus konstan.

Pada Las *GTAW* (*Gas Tungsten Arc Welding*), gas mulia seperti argon dan helium digunakan sebagai gas pelindung. *Tungsten* yang merupakan logam dengan titik lebur yang tinggi atau paduannya digunakan sebagai elektroda yang *non-consumable*. Busur

listrik terbentuk antara elektroda dan benda kerja. Bahan pengisi (*filler*) berupa batangan atau kawat ditambahkan ketika diperlukan penambahan. Penambahan logam pengisi yang terpisah menandakan bahwa pemasukan panas dan penambahan pengisi dapat di control secara terpisah. Secara tidak langsung menguntungkan untuk semua posisi las dan mudah terbentuknya kampuh lasan pada akar las.

Las GTAW dapat digunakan hampir di seluruh logam seperti baja karbon, baja paduan rendah, baja tahan karat, paduan nikel paduan tembaga, paduan aluminium, paduan titanium, dan paduan magnesium.



Gambar 2. Mesin Las GTAW. teknologi pengelasan:2011

Gambar 2.2 Mengilustrasikan susunan dari peralatan GTAW. Perlengkapan dari GTAW terdiri dari catu daya, gagang las, kontak control pengendali, kabel ke benda kerja, arus searah (DC) umumnya untuk mengelas baja karbon, baja paduan rendah, dan baja tahan karat.

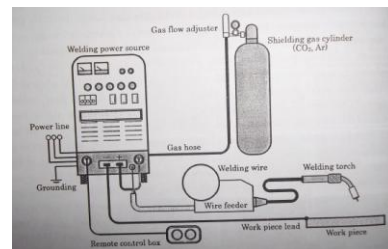
Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) menggunakan kawat berdiameter kecil (0,8mm-1,5 mm) secara mekanik diumpan dan busur yang terbentuk dijaga antara elektroda dan benda kerja. Gas pelindung akan melindungi busur listrik dan kawah las dari udara.

GMAW dengan elektroda konsumabel diklasifikasikan menjadi pengelasan MAG dan MIG menurut jenis gas pelindungnya. Dalam las

MAG, gas aktif seperti gas CO₂ dan argon dan CO₂ (Ar+CO₂), digunakan sebagaigas pelindung. Pada pengelasan MIG gas mulia (inert), seperti gas argon digunakan sebagai gas pelindung.

Kawat las digunakan sebagai elektroda dan akan mencair pada saat yang bersamaan dengan busur menyala. Kawat elektroda yang mencair akan bercampur didalam kawah las menjadi logam las. Pengelasan MAG dan pengelasan MIG adalah proses pengelasan yang sangat efisien karena rapat arus yang tinggi sehingga menyebabkan deposisi logam dan penetrasi yang mendalam. Kepadatan (*densitas*) yang tinggi diperoleh dari arus yang tinggi melalui kawat elektroda kecil. Keuntungan dari las MAG dan las MIG, pengelasan kontinyu tanpa henti,

posisi lasnya bervariasi, pengamatan visual dari busur dan kampuh lasan lebih mudah, cocok digunakan untuk las otomatis dan robotik.



Gambar 4. Mesin Las GMAW. teknologi pengelasan:2011

Gambar 2.3 mengilustrasikan rangkaian dan peralatan GMAW. Catu daya arus berupa arus searah (DC) dengan karakteristik voltage yang konstan. Peralatan pengontrol khusus tidak diperlukan karena mesin dapat mengatur sendiri busur.

Gagang las terhubung keterminal keluaran yang positif melalui

mesin pengumpan kawat (*wire feeder*). Kawat elektroda diumpan dengan kecepatan konstan oleh pengumpan kawat, dan berjalan melalui rangkaian linier kabel las menuju ujung gagang las. Arus las dipasok ke kawat elektroda melalui ujung kontak dalam gagang las. Akibatnya busur listrik akan terbentuk diantara ujung elektroda dan benda kerja.

Teori elastisitas

Dalam sifat mekanik material sebagai ukuran untuk menahan gaya atau regangan, pada saat mendapat gaya struktur molekul berada dalam kondisi keseimbangan. Gaya luar pada proses penarikan, tekanan, pemotongan, penempaan, dan pembengkokan akan mengakibatkan material mengalami tegangan.

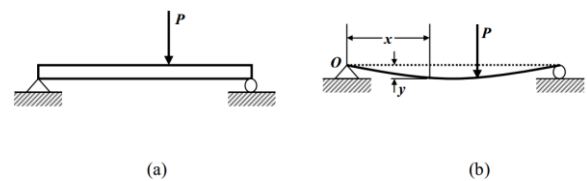
Suatu plat jika dikenai gaya eksternal maka plat akan mengalami deformasi. Pada beban eksternal yang tidak melampaui titik luluh, plat akan kembali kebentuk semula jika beban di hilangkan. Fenomena ini dikenal dengan fenomena elastis. Plat tidak mengalami perubahan bentuk permanen karena disebabkan sifat elastis material.

Penambahan beban melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki material, mengakibatkan aliran deformasi dan tidak akan kembali kebentuk semula, atau material tersebut mengalami deformasi permanen.

Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami

pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 1(a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 1(b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 2.6 Defleksi akibat pembebanan

Jarak perpindahan y didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai x disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok.

Tegangan

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya luar atau beban. Definisi tegangan yang lain adalah besarnya gaya persatuan luas. Tegangan dibedakan menjadi dua macam yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal (σ)

Regangan

Regangan adalah perubahan ukuran atau bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya pada bahan. Regangan bersifat linier pada daerah elastis dan berakhir pada titik luluh, dan bila telah berada pada daerah plastis maka sifat tidak lagi

linier. Besarnya linier regangan adalah perpanjangan ($l - l_0$) material dibagi panjang awal (l_0). (Modelson, 1983).

Hubungan Tegangan Regangan

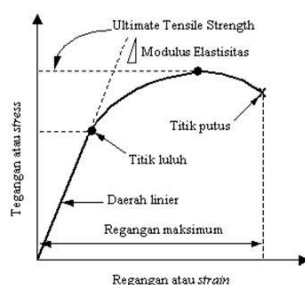
Pada proses pembentukan plat dengan dinding adalah memanfaatkan sifat plastisitas yang dimiliki bahan pada saat diberi gaya. Pada tahap pertama pembebanan plat akan mengalami fase elastis sampai pada titik luluh kemudian akan masuk pada fase plastis. Daerah elastis dan plastis dapat diamati pada diagram tegangan – regangan pada diagram terdapat hubungan linier antara tegangan yang sebanding dengan regangan yang dikenal dengan hukum hooke. Dan hukum hooke dapat dirumuskan hubungan tegangan – regangan pada persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

σ = Tegangan

ϵ = Regangan



Gambar 5. diagram tegangan regangan

Garis lurus menunjukkan daerah elastis pada titik luluh sedangkan kurva diatas titik luluh merupakan daerah plastis dimana deformasi terjadi secara permanen.

Batas proporsional adalah tegangan tertinggi dimana material masih mengalami deformasi elastis dan belum mengalami deformasi plastis. Rasio antara tegangan terhadap

regangan disebut modulus elastisitas yang menunjukkan kekakuan bahan terhadap beban tarik

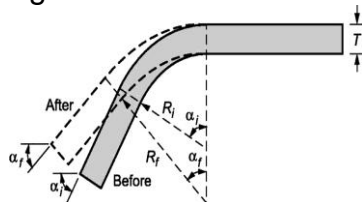
Titik luluh (yield point) adalah daerah antara elastic dan plastis, pada daerah ini tegangan regangan sudah tidak linier dan material telah mengalami deformasi plastis. Kekuatan maksimum adalah tegangan maksimum yang diijinkan, yang dilakukan pada material agar tidak terjadi patah. Peningkatan beban diatas kekuatan maksimum tidak bisa dilakukan karena material telah mengalami deformasi total. Jika tetap diberikan beban regangan akan bertambah dimana material seakan menguat karena regangan tersebut atau dikenal dengan istilah penguatan regangan (strain hardening) kemudian material akan mengalami putus. (singer, 1995)

Teori Spring Back

Spring back adalah jumlah penyimpangan elastis suatu material yang harus dilalui sebelum menjadi bentuk tetap atau pembentukan (Suchy, 1998). Jumlah toleransi elastis, pada tingkatan tertentu ada pada tiap-tiap material, yang menjadikanya dapat dibentuk tergantung dari modulus elastisitas material. Jumlah *spring back* meningkat ketika kekuatan luluh lebih besar atau dengan kecenderungan kekerasan material.

Pada proses penekukan plat akan menghasilkan deformasi plastis pada saat bending dihilangkan, akan terjadi perubahan bentuk dan penyimpangan terhadap permukaan *die* yang digunakan untuk penekan, hal ini disebabkan karena plat memiliki sifat elastis sehingga sebagian deformasi akan sedikit kembali ketitik tertentu.

Penyimpangan bentuk dan ukuran karena sifat elastisitas bahan sering juga disebut dengan istilah *spring back*, atau regangan elastis sisa pada saat bending dihilangkan yang menyebabkan penyimpangan bentuk pada *sheet metal* terhadap bentuk die yang diinginkan.

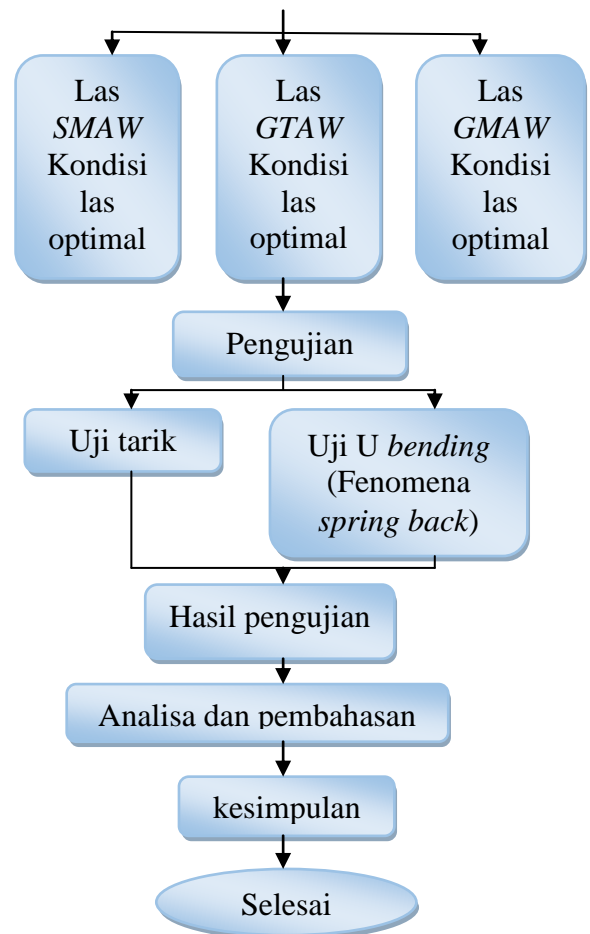
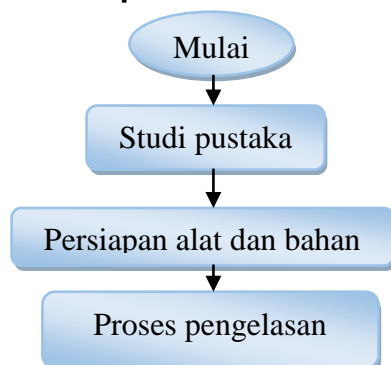


Gambar 6. *spring back*

Spring back selalu terjadi pada saat proses bending untuk itu perlu di perhatikan karena karena pengaruhnya sangat krusial terhadap perubahan bentuk dan ukuran pada produk akhir yang dihasilkan. *Spring back* dapat diamati pada proses bending dimana sudut bending pada saat bending dilepas (setelah terjadi *spring back*) akan lebih kecil dibandingkan dengan sudut bending. *Spring back* tidak hanya terjadi pada plat tipis atau datar tetapi juga pada bentuk pejal, kawat batang dengan luas area tertentu, serta pada pipa. Hubungan antara besar sudut bending dengan radius bending dapat diukur pada panjang busur yang dihasilkan pada daerah yang mengalami bending.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

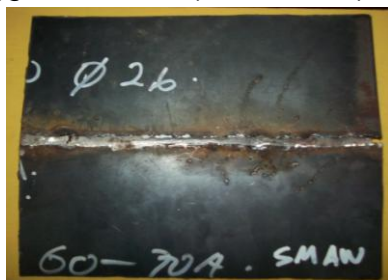
- Alat ukur (penggaris, jangka sorong, busur)
- Mesin las (SMAW, GTAW, GMAW) yang berada di INLASTEK (Institut teknologi pengelasan) yang bertempat di pajang, laweyan, solo
- Gerinda wipro (laboraturium teknik mesin ums)
- Kikir (laboraturium teknik mesin ums)
- *Tool Die set* (laboraturium teknik mesin ums)
- Alat pres hidrolik (laboraturium teknik mesin ums)

- Satu set Mesin uji tarik (laboraturium teknik mesin ums)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat *mild steel* dengan tebal 1,5 mm

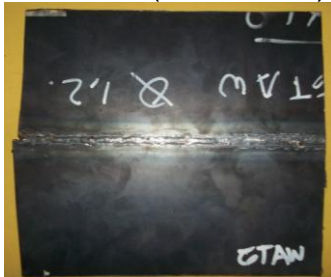
Pembuatan spesimen

Proses SMAW kawat las yang digunakan E7016 berdiameter 2,6 mm, arus yang digunakan antara 60-150 Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung flux. Posisi pengelasan menggunakan 1G (*down hand*)



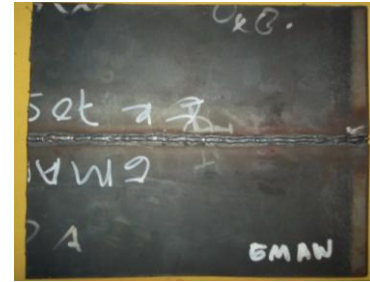
Gambar 8. Hasil pengelasan SMAW

Proses GTAW kawat las yang digunakan ER70S-6 berdiameter 1,6 mm, arus yang digunakan antara 60-150 Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung gas CO2 kecepatan gas 10 L/Min. Posisi pengelasan menggunakan 1G (*down hand*).



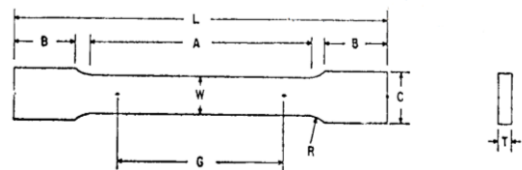
Gambar 9. Hasil pengelasan GTAW

Proses GMAW kawat las yang digunakan ER70S-6 berdiameter 0,8 mm, arus yang digunakan antara 60-150 Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung gas CO2 kecepatan gas 10 L/Min. Posisi pengelasan menggunakan 1G (*down hand*).



Gambar 10. Hasil pengelasan GMAW

Pemotongan spesimen disesuaikan dengan standart, standar uji yang di pakai dalam pengujian tarik dan bending ASTM E 8 M.



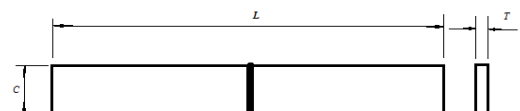
L (mm)	C (mm)	W (mm)	G (mm)	A (mm)	R (mm)	T (mm)
200	20	12,5	50	82	12,5	1,5

Gambar 11. Dimensi spesimen uji tarik

Pembuatan spesimen uji tarik membuat ukuran dengan alat ukur, kemudian memotong dan membuat profil seperti gambar 11 menggunakan mesin grinda danikir

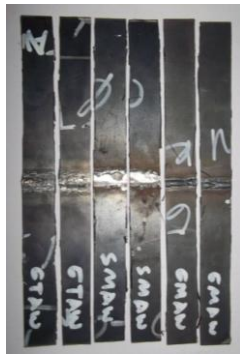


Gambar 12. spesimen uji tarik



L (mm)	C (mm)	T (mm)
200	150	1,5

Gambar 13. Dimensi specimen uji U bending



Gambar 14. Specimen uji U bending

Pengujian

Uji tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari sambungan las yang akan diuji. Alat uji tarik yang digunakan Gotech Testing Machine Inc seri GT-AI-7000 L dengan kapasitas maksimum 5000 kg (Lab. Teknik Mesin UMS). Pengujian tarik dengan standart ASTM E 8. Langkah-langkah pengujian tarik sebagai berikut :

1. Mesin uji tarik harus menunjukkan indikator nol.
2. Memasang benda uji tarik pada alat pencekam dengan cara dijepit tepat pada pegangan atas dan bawah specimen uji tarik tersebut.
3. Mencetak hasil uji tarik yang berupa data pengujian dari komputer.
4. Lakukan sebanyak 3 kali pengujian dengan variasi sambungan las yang berbeda.
5. Analisa pengujian tarik menggunakan standart deviation.

Uji U bending

Pengujian bending *Tool die set* merupakan alat pendukung utama dalam pengujian U Bending, karena die merupakan cetakan awal untuk menentukan seperti apa plat akan di

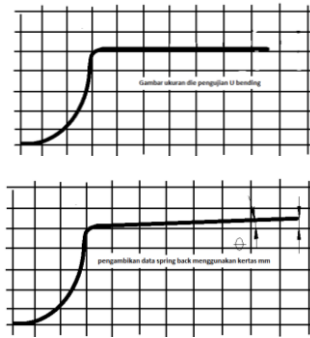
bentuk Langkah-langkah pengujian U bending yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan *tool die set* di bagian penekan *hydraulic*.
2. Masukkan plat spesimen pada pada *tool die set*, kemudian atur posisi plat tepat pada posisi tengah antara kanan dan kiri seimbang untuk mendapatkan bending yang sesuai. Supaya didapatkan hasil *spring back* yang sama antara kedua sisi.
3. Memberikan tekanan pada bagian atas penekan *tool die set* menggunakan alat *hydraulic*.
4. Setelah selesai memberikan tekanan pada *tool die set* kemudian plat spesimen di keluarkan dengan cara melepas seluruh baut *tool die set*.
5. Mengukur jarak dan sudut *spring back* dengan menggunakan busur dan kertas mili meter.

Pengukuran *spring back*

Pengukuran *spring back* diilustrasikan seperti gambar 15, dengan cara-cara sebagai berikut:

1. menggambar ukuran die pada kertas mili meter.
2. Menggambar spesimen uji U bending pada kertas mili meter.
3. Pengambilan data dengan Mengukur sudut dan jarak *spring back* spesimen uji dengan cara membandingkan ukuran die dengan plat spesimen pengujian U bending.

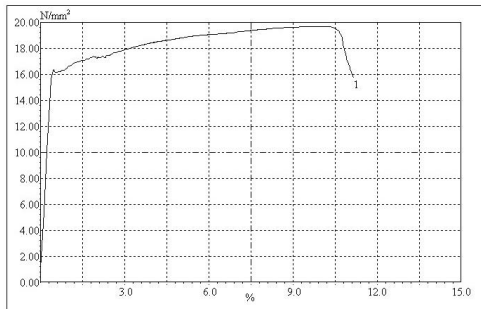


Gambar 15 gambar pengambilan data *spring back*

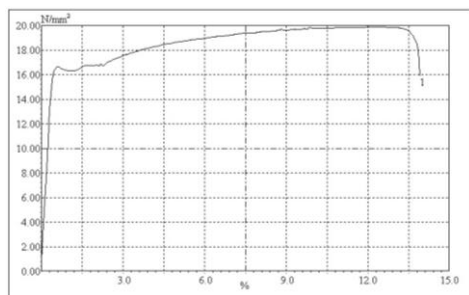
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji tarik

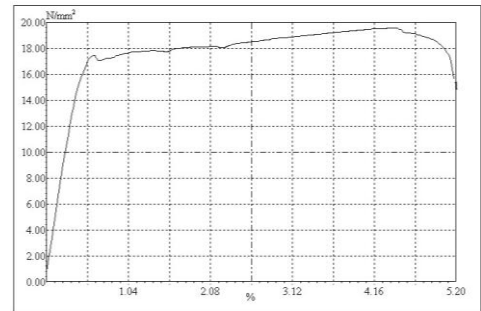
Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan memperoleh grafik sebagai berikut:



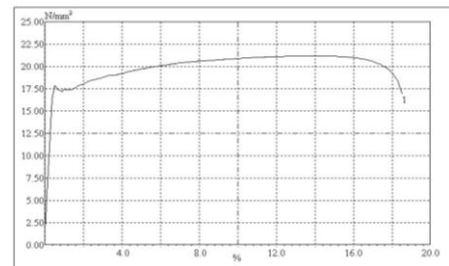
Gambar 4.2 grafik uji tarik spesimen 1
pada pengelasan SMAW



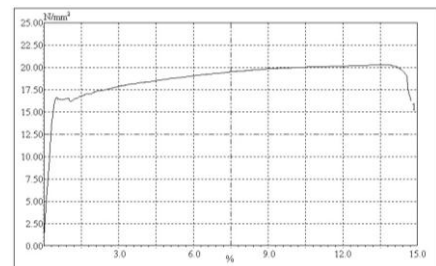
Gambar 4.3 grafik uji tarik spesimen 2
pada pengelasan SMAW



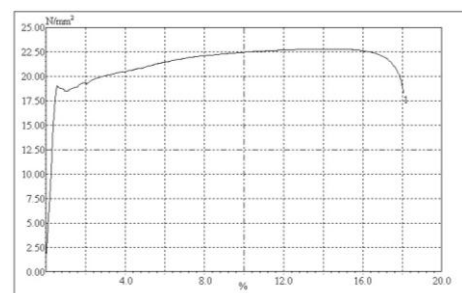
Gambar 4.4 grafik uji tarik spesimen 3
pada pengelasan SMAW



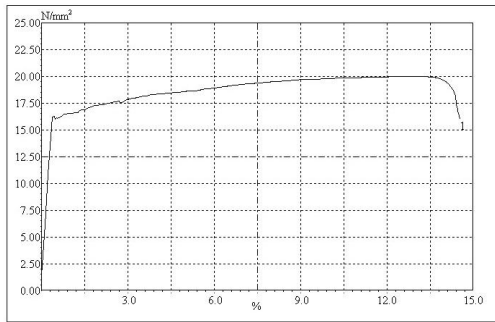
Gambar 4.5 grafik uji tarik spesimen 1
pada pengelasan GTAW



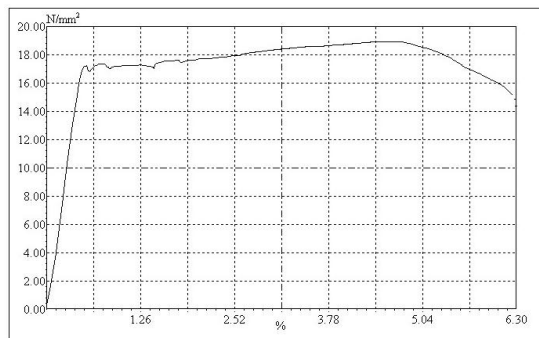
Gambar 4.6 grafik uji tarik spesimen 2
pada pengelasan GTAW



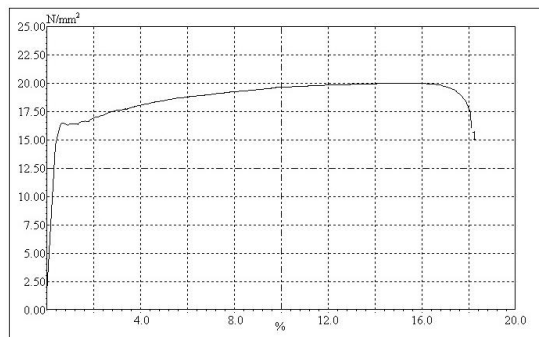
Gambar 4.7 grafik uji tarik spesimen 3
pada pengelasan GTAW



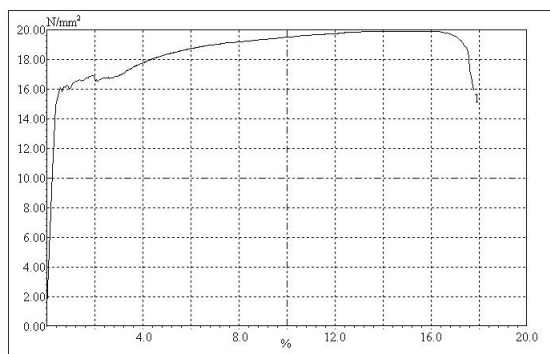
Gambar 4.8 grafik uji tarik spesimen 1 pada pengelasan GMAW



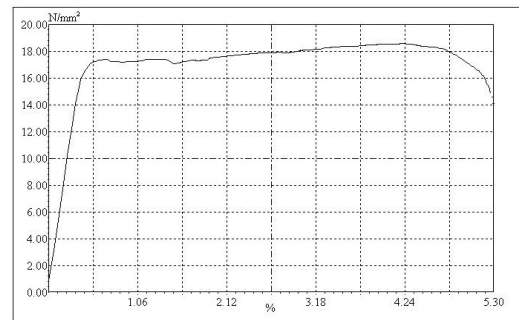
Gambar 4.9 grafik uji tarik spesimen 2 pada pengelasan GMAW



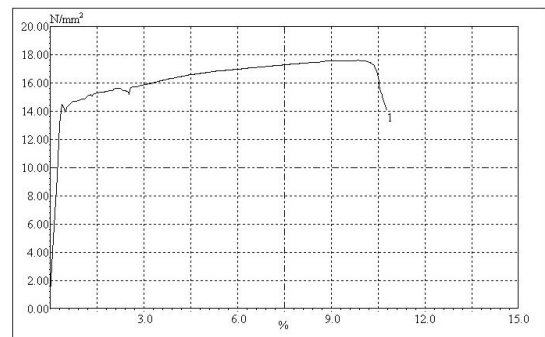
Gambar 4.10 grafik uji tarik spesimen 3 pada pengelasan GMAW



Gambar 4.11 grafik uji tarik spesimen 1 pada tanpa pengelasan



Gambar 4.12 grafik uji tarik spesimen 2 pada tanpa pengelasan



Gambar 4.13 grafik uji tarik spesimen 3 pada tanpa pengelasan

Tabel 4.2 Hasil uji tarik

No Spesimen	variasi pengelasan	Tegangan Tarik (N/mm^2)	Regangan (%)
1	SMAW	19,60	11,20
2		19,80	13,80
3		19,40	5,20
1	GTAW	21,37	18,50
2		20,75	14,80
3		23,00	18,00
1	GMAW	20,00	14,60
2		19,00	6,30
3		20,00	18,20
1	Tanpa pengelasan	19,90	17,80
2		18,50	5,30
3		17,80	11,00

Table diatas menunjukan nilai tegangan tarik maksimum dan regangan maksimum dari hasil pengujian tarik. dari penelitian ini kita mendapatkan nilai kekuatan tertinggi dari masing-masing. Pada pengelasan SMAW mendapatkan nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 19,80 N/mm² dengan regangan maksimum 13,80 %, untuk pengelasan GTAW mendapatkan nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 23,00 N/mm² dengan regangan maksimum 18,00 %, dan untuk pengelasan GMAW mendapatkan nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 20,00 N/mm² dengan regangan maksimum 18,20 %, dan tanpa pengelasan mendapatkan nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 19,90 N/mm² dengan regangan maksimum 17,80%.

Dari grafik diatas dapat digunakan untuk mencari modulus elastisitas pada setiap variasi pengelasan. Adapun perhitungan modulus elastisitas dengan menggunakan titik luluh sebagai pengambilan nilai tegangan dan regangannya pada setiap proses pengelasan terlihat seperti dibawah ini:

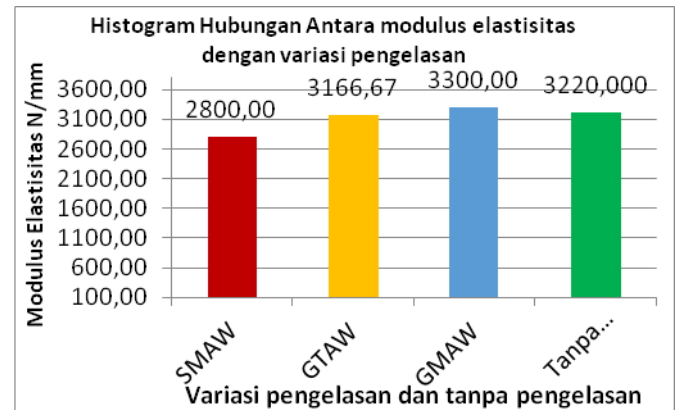
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{16,80}{0,006}$$

$$= 2800 \text{ N/mm}^2$$

Tabel 4.3 Hasil Data Pengujian Tarik Dengan Variasi pengelasan pada titik luluh

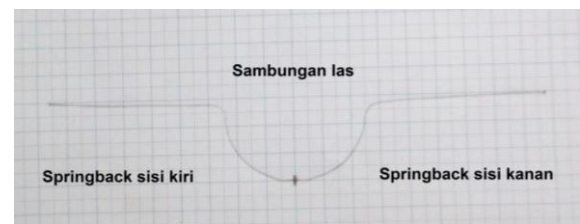
Variasi pengelasan	Tegangan Tarik Rata-rata (N/mm ²)	Regangan Rata-rata (%)	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
SMAW	16,80	0,6	2800,00
GTAW	19,00	0,6	3166,67
GMAW	16,5	0,5	3300,00
Tanpa las	16,10	0,5	3220,00



Gambar 4.14 Histogram Hubungan Antara Modulus Elastisitas Dengan variasi pengelasan tanpa pengelasan

Uji U bending

Pengujian U bending dilakukan untuk mencari fenomena spring back yang terjadi pada spesimen. pengambilan data dilakukan dari gambar berikut.



Gambar 21. Hasil pengujian U bending

Pengambilan data di lakukan secara manual menggunakan mili meter blok, pengukuran di bagi menjadi dua bagian kiri dan kanan. Bila *spring back* yang terjadi pada ujung spesimen berada di atas die maka nilai yang di ambil positif (+), kemudian bila *spring back* pada sudut spesimen berada di bawah die di nilainya dinyatakan negatif (-) Pengukuran sudut menggunakan alat bantu busur, sedangkan untuk mencari jarak *spring back* menggunakan blok kertas mili meter dan mistar.

Hasil dari pengujian U bending secara kasat mata spring back yang terjadi tidak begitu terlihat jelas, setelah

dilakukan pengukuran secara manual menggunakan kertas blok mili meter didapatkan hasil sebagai berikut:

Table 6. Hasil pengujian U bending

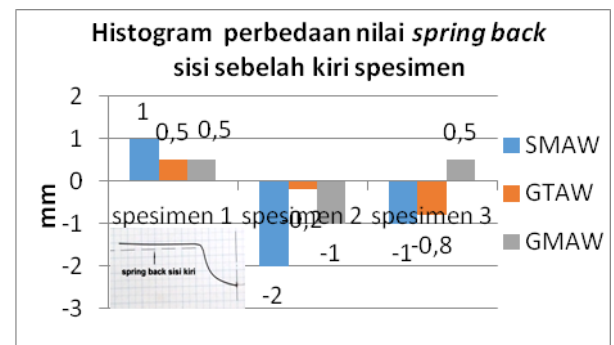
Variasi pengelasan SMAW			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	SB: 1°	SB: 0°	SB: 1°
	0 mm	-2 mm	-1 mm
Kiri	SB: 1,5°	SB: -1,5°	SB: 0°
	1 mm	-2 mm	-1 mm
Variasi pengelasan GTAW			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	SB: 1,5°	SB: 1,8°	SB: 1°
	0,5 mm	-0,5 mm	-1 mm
Kiri	SB: 1,5°	SB: 0,5°	SB: 0,7°
	0,5 mm	-0,2 mm	-0,8 mm
Variasi pengelasan GMAW			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	SB: 1°	SB: 1°	SB: 2°
	0 mm	-1 mm	0,5 mm
Kiri	SB: 1,5°	SB: 1°	SB: 1,5°
	0,5 mm	-1 mm	0,5 mm

Dari table diatas dapat digunakan untuk menentukan koefisien spring back dengan menggunakan rumus :

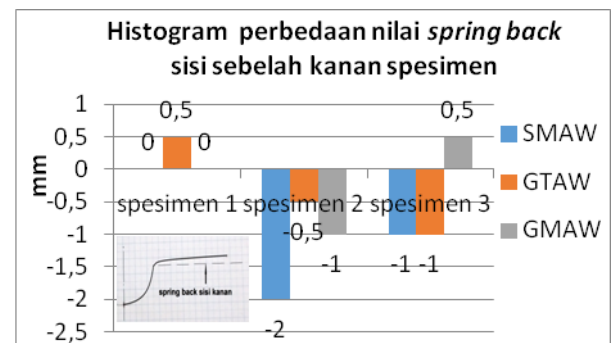
$$K = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{90+1}{90} = 1,011$$

Tabel 4.6 nilai koefisien spring back Hasil pengujian U bending

Variasi pengelasan SMAW			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	1,011	1	1,011
Kiri	1,07	0,98	1
Variasi pengelasan GTAW			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	1,017	1,02	1,01
Kiri	1,017	1,005	1,008
Variasi pengelasan GMAW			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	1,011	1,022	1,022
Kiri	1,017	1,011	1,017



Gambar 22. histogram menunjukkan nilai spring back sisi kiri



Gambar 23. histogram menunjukkan nilai spring back sisi kanan

Pembahasan uji tarik

1. Grafik hubungan antara tegangan tarik rata-rata dengan variasi pengelasan, kekuatan tarik tertinggi didapat pada pengelasan *GMAW* sebesar 21,542 N/mm².

2. Grafik hubungan antara Regangan dengan variasi pengelasan menunjukkan bahwa pengelasan *GTAW* memiliki regangan terbesar dibandingkan dari jenis pengelasan yang digunakan yaitu sebesar 14%.

3. Histogram Modulus Elastisitas dengan variasi pengelasan, Modulus elastisitas menunjukkan tingkat kekakuan (stiffness) atau ketahanan terhadap deformasi elastis, semakin besar modulus elastisitasnya maka tingkat kekakuannya semakin tinggi. Nilai modulus elastisitas terbesar pada spesimen pengelasan *GMAW* sebesar 1533,333 N/mm².

Pembahasan uji U bending

Dari penelitian ini kita bisa menganalisa fenomena yang terjadi:

1. Dalam penelitian ini spring back yang terjadi pada spesimen tidak merata dan tidak sama di karenakan masing-masing spesimen memiliki variasai penyambungan las yang berbeda.
2. Aliran plat spesimen tidak merata mengakibatkan letak sambungan las bergeser tidak tepat pada tengah spesimen. Bergesernya sambungan las dikarenakan die tidak menggunakan BHF (Blank Holder Force) atau pengunci spesimen agar saat spesimen di beri tekanan spesimen memiliki kesamaan tarikan pada sisi sebelah kanan dan kiri.

Pengaruh Metode Pengelasan Terhadap Fenomena Spring Back

Pada penelitian ini akan mengaitkan proses pengelasan dengan fenomena spring back, telah dilakukan pengujian seperti di atas. Beberapa pengaruh pengelasan terhadap spring back.

1. Dari hasil pengujian tarik sambungan *SMAW* memiliki nilai elastisitas 1457.894 N/mm², sedangkan pengujian spring back proses pengelasan *SMAW* memiliki nilai spring back tertinggi sebesar sisi kanan -2 mm dan sisi kiri -2 mm, mendapatkan sudut tertinggi sisi kanan 1,5° sisi kiri 1° dengan nilai elastisitas paling rendah proses pengelasan *SMAW* memiliki nilai spring back tertingi dengan susut terkecil. ini di karenakan sambungan las pada spesimen masih ada dari proses penyambungan *SMAW*, jadi penekanan die kurang maksimal.
2. Sedangkan untuk pengelasan *GTAW* nilai elastisitasnya 1433,333 N/mm², nilai spring back yang terbesar sisi kiri -0,8 mm, kanan -1 mm, dengan sudut sisi kiri 1,8° sisi kanan 1,5°. Nilai jarak spring back untuk sambungan *GTAW* lebih kecil di di bandingkan sambungan *SMAW* di karenakan proses penekanan saat pembendingsn lebih maksimal tetapi mendapatkan sudut spring back yang lebih besar.
3. pengelasan *GMAW* nilai elastisitasnya 1433,333 N/mm², nilai spring back yang terbesar sisi kiri -1 mm, kanan -1 mm. dengan sudut sisi kiri 2° sisi kanan 1,5°. Nilai pengukuran sudut terbesar terdapat pada sambungan *GTAW* dengan nilai elastisitas tertinggi dibandingkan dengan sambungan yang lain.
4. Dari kekuatan sambungan dari setiap pengelasan saat dilakukan pengujian

U bending tidak terjadi kerusakan dan sambungan masih dalam keadaan baik. Dikarenakan titik pengelasan yang terkena bending merupakan bagian tengah dari panjang bending.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian Analisa pengaruh metode pengelasan (SMAW, GTAW, GMAW) dengan bahan mild steel dengan tebal 1,5 mm terhadap fenomena spring back, maka dapat di tarik kesimpulan:

1. perbedaan nilai kekuatan tarik spesimen pada setiap proses pengelasan, nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu pada proses pengelasan GMAW sebesar 1533,333 N/mm², sedangkan untuk pengelasan GTAW sebesar 1433,333 N/mm², pengelasan SMAW sebesar 1457,894 N/mm².
2. Nilai spring back pada setiap variasi pengelasan tidak ada yang sama, sedangkan spring back untuk variasi pengelasan SMAW cenderung lebih besar nilai spring backnya, tetapi dengan sudut spring back terkecil. seperti di tunjukkan pada table 4.7.
3. Pada penelitian ini pengaruh metode pengelasan terhadap fenomena spring back dapat kita simpulkan nilai spring back tertinggi terdapat pada proses pengelasan SMAW di karenakan welding metal pada proses pengelasan SMAW melebihi base metal sehingga menahan die saat proses bending. Sedangkan untuk pengelasan GTAW dan GMAW memiliki nilai spring back yang cenderung lebih kecil nilai spring backnya tetapi memiliki sudut spring back yang lebih besar di bandingkan dengan

pengelasan SMAW di karenakan welding metal lebih merata dengan base metal sehingga pada saat proses bending die menekan lebih maksimal. Pengaruh variasi pengelasan terhadap fenomena spring back dapat disimpulkan semakin tinggi nilai elastisitasnya semakin besar pula sudut spring back yang terjadi.

SARAN

Setelah dilakukan penelitian dan hasil pembahasan tentang pengaruh pengelasan terhadap fenomena spring back di dapatkan saran yang nantinya dapat di maksimalkan oleh peneliti selanjutnya sehingga muncul inovasi baru, beberapa saran pada penelitian ini diantaranya :

1. Untuk mendapatkan nilai spring back yang yang seknifikan dengan variasi pengelasan, pada saat proses bending titik pengelasan diletakkan pada sudut bending sehingga spring back yang terjadi terletak tepat pada sambungan plat.
2. Untuk penelitian-penelitian mendatang hendaknya pengukuran spring back menggunakan alat ukur digital, sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Agus Dwi Anggono^{1, a}, Tri Widodo Besar Riyadi^{2, b}, Waluyo Adi Siswanto^{3, c}, *Dynamic Explicit Finite Element Code for U-Bending Simulation and Springback Prediction, Applied Mechanics and Materials* Vol. 660 (2014) pp 337-341.

Budi Agung K, ST, M.Sc, Ir. Rochman Rochiem, Kusmayadi, M.Sc, ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW BUTT JOINT PADA BAJA AISI 1020 DENGAN VARIASI TEBAL PLAT

Hadi Sasminto Eko, Program Studi S1 Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (2009) ANALISA PENGELASAN MILD STEEL (ST.42) DENGAN PROSES SMAW, FCAW DAN SAW DITINJAU DARI SEGI KEKUATAN DAN NILAI EKONOMIS

Journal of Materials Processing Technology 133 (2003) 128–133, Deep drawing of tailored blanks without a blankholder Z. Kampus, J. Balic. Balic^b, ^aFaculty Teknik Mesin, Universitas Ljubljana, Askerceva 6, SI-1000 Ljubljana, Slovenia.

Journal of Materials Processing Technology 183 (2007) 321–332, Characterization of tensile properties of tailor welded IF steel sheets and their formability in stretch forming Sushanta Kumar Panda ^a, D. Ravi Kumara, Harish Kumar^b, A.K. Nath.